

WLAN langaton lähiverkko (Wireless LAN)

- ⊕ **IEEE 802.11-standardi**
 - IEEE 802.11: 1 ja 2 Mbps
 - IEEE 802.11a: 6, 12, 24, 54 Mbps
 - IEEE 802.11b: 5.5, 11 Mbps
- ⊕ **ETSI: HiperLAN**
 - HiperLAN1: 20 Mbbps
 - HiperLAN2: 25 -54 Mbps
 - HiperAccess: 25 Mbps
 - HiperLink: 155 Mbps
- ⊕ **HomeRF**

23.11.2001 47

IEEE 802.11-standardi

- ⊕ Ratifioitu 1997
 - 7 vuoden kehitystyön jälkeen
- ⊕ nopeus 1 tai 2 Mbps
- ⊕ 2.4 GHz:n lisenssivapaa alue
 - **MAC-kerros ~ Ethernetin kaltainen**
 - CSMA/CA (Collision Avoidance)
 - piilolähetäjäongelma (hidden terminal)
 - **fyysinen kerros**
 - kaksi eri ratkaisua radioaaltoille
 - hajaspektritekniikkoja (Spread spektrum), jotka hajauttavat lähetyksen laajalle taajuusalueelle
 - infapuna-aallot

23.11.2001 48

ISM (Industrial, Scientific, and Medical)

- ⊕ Radiotaajuudet ovat säänneltyjä ja luvanvaraisia
 - 'rajallinen luonnonvara: UMTS-lisenssit'
- ⊕ ISM: Vapaassa käytössä olevia radiotaajuuksia mm. :
 - 902-928 MHz,
 - 2.4-2.483 GHz,
 - 5.15-5.35 GHz,
 - 5.725-5.875 GHz.
- Eri maissa alueiden rajat ja säännökset ovat erilaisia
- yleensä paljon häiritseviä muita laitteita
 - esim. 2.4 GHz:n taajuudelle toimivat monet mikroaaltouunit
 - hyvin korkeiden taajuuksien käyttö teknisesti vaativaa

23.11.2001 49

Hidden terminal -ongelma

Lähetäjä ei kuule C:n lähetystä. Jos A lähettää B:lle, niin tapahtuu törmäys!

Lähetäjä Vastaanottaja

A B

Este C

Piiloasema A:lle (hidden terminal)

⊕ exposed station problem:

- B:n lähetykset A:lle estää turhaan C:tä lähettämästä D:lle

CSMA/CA (Collision avoidance)

- ⊕ RTS (Request to send)
 - lähettäjä kysyy vastaanottajalta lähetyksiluppaa
- ⊕ CTS (Clear to send)
 - vastaanottaja antaa luvan lähettää

23.11.2001 52

Datan lähetys B --> C

- ⊛ B lähettää C:lle RTS-kehiksen (Request To Send)
 - kehyksessä datalähetyksen pituus
 - => A:n naapurit osaavat varoa
- ⊛ C lähettää B:lle CTS-kehiksen (Clear To Send)
 - datalähetyksen pituus
 - => B:n naapurit osaavat varoa

Lähetysten koordinoitua

- ⊛ IFS (Interframe space)
 - erilaisia aikavälejä
 - mitä lyhyempi aika sitä suurempi prioriteetti
 - DIFS (Distributed IFS)
 - määrää kuinka pitkään aseman on kuunneltava ennenkuin se voi valmistautua lähettämään tavallista dataa
 - SIFS (short IFS)
 - määrää kuinka pitkään on kuunneltava ennen kuittauksen lähettämistä
 - PIFS
 - odotusaika ei -kilpailuile lähetyksile

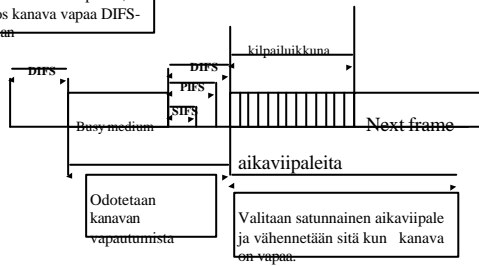
23.11.2001

54

SIFS < PIFS < DIFS

CSMA/CA:
lähettäminen

Voi lähettää vapaasti, jos kanava vapaa DIFS-ajan



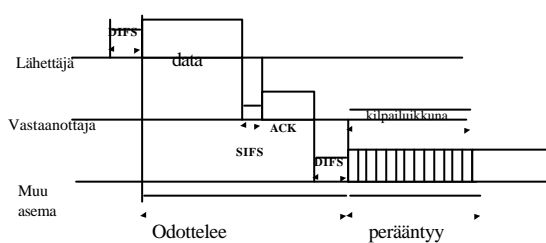
Satunnaisperäntyminen (Random backoff)

- ⊛ Kilpailuikkuna : 31-1023 aikaviipaleita
 - oletusarvo 31
 - kasvaa, jos lähetykset törmäävät, pienee kun lähetykset onnistuu
 - törmäys aina kaksinkertaistaa ikkunan
- ⊛ ikkunasta valitaan satunnainen odotusaika
 - aikaa vähennetään, jos kukaan muu ei ala lähettää
- ⊛ samankaltainen kuin Ethernetissä

23.11.2001

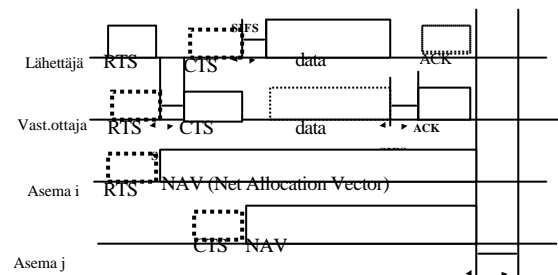
56

Lähetysten kuittaukset



Jos lähettäjä ei saa kuittausta, niin sanoma lähetetään uudestaan

RTS, CTS ja NAV



NAV = muiden odotusaika RTS:n ja CTS:n jälkeen (osataan laskea)

DIFS

Fyysinen kerros: hajaspektri

- ⊕ FHSS taajuushyppely (frequency hopping)
 - koko käytössä oleva taajuuskaista on jaettu useaan alikaistaan
 - maksimissaan 79 alikaistaa a¹ 1 MHz
 - lähetyksessä käytettävä ainakin 6 eri alikaistaa
 - lähettäjä vaihtaa alikaistaa koko ajan tietyn kuvion mukaan => vähentää häiriöiden vaikutusta
- ⊕ DSSS suorasegvenssi (direct sequence)
 - lähettää datan yhdessä satunnaisen bittisekvenssin kanssa eli useana siruna (vrt. CDMA)

23.11.2001

59

IEEE 802.11a

- ⊕ Nopeudet 6->54 Mbps
- ⊕ Käyttää 5 GHz:n kaistaa
 - herkkä monenlaisille häiriöille
 - USA:ssa 300 MHz vapaa-alue (UNII)
 - Euroopassa varattu HiperLAN2:lle
- ⊕ fyysinen kerros OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - useita alikanavien eri taajuuksia, jotka keskenään ortogonaalisia
- ⊕ laitteita vuoden 2001 lopussa

23.11.2001

60

IEEE 802.11b

- ⊕ Yhteensopivuus perusversion kanssa
 - 2.4 GHz:n alue
 - samankaltainen fyysinen kerros
- ⊕ nopeudet 5.5 tai 11 Mbps (~10 Mbps perus Ethernet)
 - nopeus perustuu suurelta osin kehittyneempään modolointitekniikkaan
 - yhtä signaalimuutosta kohden enemmän bittejä
 - sopeutuu automaattisesti lähetyskanava ominaisuuksiin
 - nopeus voi olla vain 1 tai 2 Mbps!

23.11.2001

61

ETSI:n Hiperlan-standardit

- ⊕ HiperLAN-tavoitteita
 - suuret nopeudet (> IEEE:llä)
 - turvallisuuspiirteet
 - priorisointi
 - yhteensopivuus 3G-mobiililaitteiden kanssa
- ⊕ Standardeja
 - HiperLAN1: 20 Mbbps
 - HiperLAN2: 25 -54 Mbps
 - HiperAccess: 25 Mbps
 - HiperLink: 155 Mbps

23.11.2001

62

HiperLAN2

- ⊕ Nopea: fyysisellä tasolla 54 Mbps, verkkokerroksella 25 Mbps)
- ⊕ Fyysinen kerros lähes samanlainen kuin 802.11a:ssa
 - OFDM (Orthogonal Frequency Digital Multiplexing)
 - 5 GHz
- ⊕ MAC-kerroksella dynaaminen aikajako (TDD, Time-Division Duplex)
 - MAC-kehys 2 ms
 - Resource Request -pyyntö ennen lähetystä
 - tässä kilpailua muiden lähettäjien kanssa
 - lähetyksivuorot jaetaan ja lähetykset tapahtuu ilman kilpailua
- ⊕ Yhteydellinen ja keskitetty valvoja => QoS
 - Sovituskerros: sovittaa erilaisten linkkikerrosten palvelut

23.11.2001

– solu- tai pakettiliikenteelle (atm tai Ethernet), UMTS, PPP, ..

63

HiperAccess ja Hiperlink

- ⊕ Hiperaccess
 - langaton laajakaistayhteys koteihin
 - vrt. xDSL-yhteys ja kaapelimodeemi
 - 25 Mbps
 - max. 5 km:n etäisyydellä
- ⊕ Hiperlink
 - kiinteä kaksipisteisyhteys
 - 17 GHz:n taajuusalueessa
 - 155 Mbps nopeus

23.11.2001

– atm-yhteensopivuus

64

HomeRF

- Korvaamaan kotiympäristössä 802.11b:n
 - 802.11b tarkoitettu yritysten käyttöön
 - kallis ratkaisu
 - jos laitteita tiiviisti kuten kotona 802.11b edellyttää keskitettyä valvontaa
 - ei sovi hyvin äänensiirtoon
- siirtoetäisyys n. 50 metriä
- ääni + data

23.11.2001

65

Laajaverkot (WAN)

- Puhelinverkko
 - runkolinjat
 - digitaalisia, kuitua
 - local loop
 - analoginen, kierretty pari
 - kanavointi
- X.25, Frame Relay
- Atm-verkko

23.11.2001

66

Peruskerros

- Bittien generointi ja lähettäminen linjalle
 - miten bitit esitetään ja koodataan
 - esim. voltteina ja ampeereina, taajuuksina ja vaiheina
 - Manchesterin koodaus
 - ajoitukset
 - kauanko yhden bitin lähetyksessä kestää?
 - miten yhteys muodostetaan
 - millaiset liittimet

23.11.2001

67

Lainalaisuudet

- valonnopeus
- informaatioteorian teoreemat
 - maksimaalinen nopeus, jolla kanavalla voidaan siirtää dataa riippuu kanavan kaistan leveydestä
 - Nyquist: kohinattomalle kanavalle
 - Shannon: kohinalliselle kanavalle
 - teoreettiset raja-arvot
 - “täysin kohinaton kanava, jossa pystytään erottamaan ääretön määrä tasoja”

23.11.2001

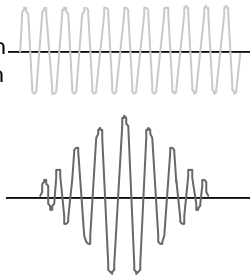
68

Tiedon koodaus signaaliin

- bittien koodaukseen käytetään signaalin

- taajuutta
- amplitudia
- vaihetta

- signaalintuote
 - signaalia / s
 - yksikkönä **baudi**



Sinifunktio

- perusesimerkki jaksollisesta funktiosta
 - $s(t) = A \sin(2\pi f t + q)$

A maksimiampplitudi

f taajuus

q vaihe

23.11.2001

70

Fourier-sarja (Tanenbaum ss.78-82)

- jaksollinen funktio voidaan esittää Fourier-sarjana

$$g(t) = c/2 + S (A_n \sin (2 \pi n f t) + B_n \cos (2 \pi n f t))$$

summassa n saa arvot 1:stä äärettömään

$$f = 1/T$$

23.11.2001 $A_n, B_n =$ Fourier-kertoimet (harmonics) 71

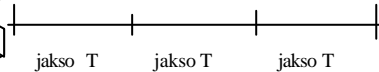
Fysikaalinen tulkinta

- mielivaltainen jaksollinen signaali
 - generoidaan tarpeellinen määrä eritaajuisia siniaaltoja
 - siniaaltoja on helppo generoida
 - määrä voi olla myös ääretön
 - käytännössä mukaan vain äärellinen määrä
 - signaali vääristyy
- spektri
 - signaalin siniaaltojen taajuuksien kokoelma

23.11.2001 72

Esimerkki: 'b'-kirjain

- $b = 01100010$
- tästä saadaan jaksollinen funktio, kun ajatellaan b :n lähetyksen toistuvan
- $01100010 01100010 01100010$



$$T = 8; f = 1/T = 1/8$$

23.11.2001 73

- $g(t) = 0, 0 \leq t < 1$
- 1, $1 \leq t < 2$
- 1, $2 \leq t < 3$
- 0, $3 \leq t < 4$
-
- 1, $6 \leq t < 7$
- 0, $7 \leq t < 8$

23.11.2001 74

- Kun integroidaan lausekkeet A_n, B_n ja C_n käyttäen 'b':n jaksollista funktioita, saadaan 'b'-funktion Fourier-kertoimet.

- 'b'-signaalin tarkkaan esittämiseen tarvitaan ääretön määrä Fourier-sarjan kertoimia
 - signaali voidaan approksimoida äärellisellä määrällä termejä
 - äärellisellä määrällä sinifunktioita
 - mitä enemmän kertoimia sitä tarkempi approksimaatio

Kaistanleveys (bandwidth)

- signaalin kaistanleveys
 - $f_2 - f_1$, missä f_1 on pienin ja f_2 suurin signaalin siniaaltokomponentin taajuus
- kanavan kaistanleveys
 - väli $[f_1, f_2]$, jolla alueella olevia taajuuksia kanava pystyy välittämään

23.11.2001 76

Kaistanleveys ja tiedonsiirto

- mitä suurempi kaistanleveys, sitä suuremmat taajuudet mahdollisia, sitä useampi Fourier-termi kaistaan mahtuu ==> signaalin muoto säilyy paremmin
- signaalilla voi olla useita tasoja
 - kaksi tasoa: 0 ja 1
 - useampia tasoja: esim. 0, 1, 2 ja 3

23.11.2001

77

Kanavan siirtokyky

- siirtonopeus ja siirrettävän tietoyksikön koko (signaalin pituus bitteinä) ==> tietoyksikön siirtoaika eli sen jaksonpituus T
- 1. Kertoimen taajuus = $1/T$
- rajallisessa kanavassa voi lähettää vain rajallisen määrän harmonic-termejä
- termien määrä ==> signaalin laatu

23.11.2001

78

Esimerkki

- kanavan nopeus 9600 bps
- tietoyksikön koko 8 bittia ('b')
- tietoyksikön siirtoaika
 - $T = 8/9600 = 0.833 \text{ ms}$
- 1. termi = $1/T = 9600/8 = 1200 \text{ Hz}$

23.11.2001

79

Esimerkki jatkuu

- Jos kanavan kapasiteetti on 3000 Hz (~puhelinlinjalla)
- => kanavaan mahtuu $3000/1200$ eli 2 termiä
- lähetyksen laatu on huono

23.11.2001

80

Esimerkki jatkuu yhä

- tiedonsiirtonopeus 38400 bps ja kanavan kaista 3000 Hz
 - => 1. termi = 4800 Hz
- => binääritietoa ei voida lähettää, sillä kaistaan ei mahdu yhtään tämän taajuuden signaalin termiä!

23.11.2001

81

Nyquistin kaava

- maksimaalinen tiedonsiirtonopeus häiriöttömällä kanavalla

$$C = 2 H \log_2 V \text{ bps}$$

C = tiedonsiirtonopeus (bps)

H = kaistanleveys

V = tasojen lukumäärä

23.11.2001

82

Näytteiden otto

- Nyquist =>
- Jos kanavan kaistanleveys on H, niin kaikki kanavan informaatio saadaan ottamalla kanavasta 2H näytettä sekunnissa
 - tiuhempi näytteiden otto ei enää tuota lisää informaatiota

23.11.2001

83

Esimerkki

- **Modeemi yleisessä puhelinverkossa käyttää 8 tasoa. Verkon kaistanleveys on 3100 Hz. Mikä on tiedonsiirtonopeus ?**
- Nyquistin kaava: $C = 2H \log_2(V)$ bps
- $C = 2 * 3100 * \log_2(8)$ bps
= 6200 * 3 bps
= 18600 bps

23.11.2001

84

Kohina

Kohinaksi kutsutaan johtimessa aina taustalla esiintyvää sähkömagneettista aaltoliikettä

- vahvistamaton signaali vaimenee kohinaksi

- signaali-kohina -suhde SNR
 $SNR = 10 \log_{10}(S/N)$ dB
S = signaalin teho
N = kohinan teho
- ilmoitetaan desibeleinä

suuri SNR => hyvä signaalin laatu

23.11.2001

85

Shannonin kaava

- maksimaalinen tiedonsiirtonopeus kohinaisessa kanavassa

$$C = H \log_2(1 + S/N) \text{ bps}$$

H kaistan leveys

S signaalin teho wateissa

N kohinan teho wateissa

23.11.2001

86

Esimerkki

- Yleisessä puhelinverkossa H = 3000 Hz ja SNR = 20 dB. Mikä on (teoreettinen) maksiminopeus C?

$$\begin{aligned} SNR = 20 &= 10 \log_{10}(S/N) \\ 2 &= \log_{10}(S/N) \text{ eli } S/N = 10^{**2} = 100 \\ C &= H \log_2(1+S/N) = 3000 \log_2(1+100) \\ &= 3000 \log_{10}(101) / \log_{10}(2) \\ &= 19974 \text{ bps} \end{aligned}$$

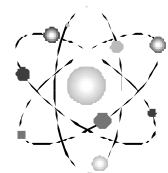
23.11.2001

87

Esimerkki jatkuu

- Tyypillisesti SNR = 30 DB
=>

- 3000 Hz:n kanavalla teoreettinen maksimi aina < 30000
- käytettiin koodauksessa kuinka monta tasoa tahansa



23.11.2001

88

Laajaverkot (WAN)

- ⊕ Puhelinverkko
 - runkolinjat
 - digitaalisia, kuitua
 - local loop
 - analoginen, kierretty pari
 - kanavointi
- ⊕ X.25, Frame Relay
- ⊕ Atm-verkko

23.11.2001

89